Agilent 4155C
半導体パラメータ・アナライザ

Agilent 4156C
プレシジョン半導体パラメータ・アナライザ

仕様

2003 年 4 月

概要

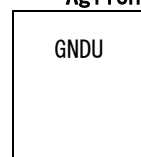
Agilent 4155C と 4156C の基本機能

- 測定とストレス条件の設定
- 測定とストレス印加の実行
- 演算の実行
- 測定および計算結果の画面表示
- グラフ上での測定・演算結果解析
- 設定データ、測定データ、グラフ表示データのディスケットへの保存と読み出し
- プリンタまたはプロッタへの出力
- Instrument BASIC による測定と解析の自動化
- セルフ・テスト、自動校正

構成

4155C と 4156C は I/CV 2.1 Lite オートメーション・ソフトウェアを標準で含みます。I/CV Lite がインストールされた PC ベースのコントローラと Agilent 82357A USB/GPIB インターフェースも標準で含まれます。PC コントローラと GPIB インターフェースはオプションで削除可能です。I/CV 2.1 でのみサポートされる機能が必要な場合には、Agilent E5240BU アップグレード・キットをご購入ください。I/CV 2.1 と I/CV 2.1 Lite の違いについては Technical Overview 5988-8474JAJP をご覧下さい。

Agilent 4155C	Agilent 4156C
4×MPSMU 2×VMU 2×VSU I/CV 2.1 Lite	4×HRSMU 2×VMU 2×VSU I/CV 2.1 Lite
PC コントローラ USB/GPIB インターフェース	

Agilent 41501B (Option)*1

GNDU	•2×PGU(Option)*1 •HPSMU(Option)または 2×MPSMU(Option)*1

SMU ：ソース・モニタ・ユニット

SMU は各レンジ 6 桁の表示機能を持つ

(HRSMU 10pA レンジで最少 0.01fA 表示*2)

HRSMU：高分解能 SMU (1fA/2μV～100mA/100V)
MPSMU：ミディアム・パワーSMU (10fA/2μV～100mA/100V)
HPSMU：ハイ・パワーSMU (10fA/2μV～1A/200V)
VMU ：電圧測定ユニット
VSU ：電圧源ユニット
PGU ：パルス・ジェネレータ・ユニット
GNDU ：グランド・ユニット

*1：PGU、MPSMU ともに 2 台で 1 組であり、1 台だけ Agilent 41501B に組み込むことはできない。
*2：表示のみ。仕様は 1fA から。

Agilent Technologies

ハードウエア

設定および測定確度の規定条件

以下の条件でZero Check端子を基準としてフロントパネル上の接続端子にて規定する。

1. 温度範囲：23℃±5℃(5℃～18℃および 28℃～40℃では確度を 2 倍する)
2. ウォームアップ：40 分以上
3. 自動校正実施時の温度から±1℃以内
4. 積分時間：Medium または Long
5. フィルタ：ON (SMU の場合)
6. ケルビン接続 (HRSMU、HPSMU、GNDU の場合)
7. 校正周期：1 年以内

参考データは仕様として保証しておりません。実使用時に値が異なる場合がありますが、あらかじめご承知置き下さいますようお願いします。

Agilent 4156C プレシジョン半導体パラメータ・アナライザ

HRSMU(高分解能 SMU)

HRSMU は Agilent 4156C にのみ搭載される。

電圧出力/測定レンジ、分解能および確度

電圧レンジ	設定分解能	設定確度	測定分解能	測定確度	最大電流
±2V	100μV	±(0.02%＋400μV)	2μV	±(0.01%＋200μV)	100mA
±20V	1mV	±(0.02%＋3mV)	20μV	±(0.01%＋1mV)	100mA
±40V	2mV	±(0.025%＋6mV)	40μV	±(0.015%＋2mV)	*1
±100V	5mV	±(0.03%＋15mV)	100μV	±0.02%＋5mV)	*2

*1：100mA(Vout≦20V), 50mA(20V＜Vout≦40V)
*2：100mA(Vout≦20V), 50mA(20V＜Vout≦40V), 20mA(40V＜Vout≦100V)

電流出力/測定レンジ、分解能および確度

電流レンジ	設定分解能	設定確度	測定分解能	測定確度	最大電圧
±10pA	10fA	±(4%＋400fA)*1,*2	1fA	±(4%＋20fA＋1fA×Vout/100)*1,*2	100V
±100pA	10fA	±(4%＋400fA)*1,*2	1fA	±(4%＋40fA＋10fA×Vout/100)*1,*2	100V
±1nA	100fA	±(0.5%＋0.7pA＋1fA×Vout)*2	10fA	±(0.5%＋0.4pA＋1pA×Vout)*2	100V
±10nA	1pA	±(0.5%＋4pA＋10fA×Vout)	10fA	±(0.5%＋2pA＋10fA×Vout)	100V
±100nA	10pA	±(0.12%＋40pA＋100fA×Vout)	100fA	±(0.1%＋20pA＋100fA×Vout)	100V
±1μA	100pA	±(0.12%＋400pA＋1pA×Vout)	1pA	±(0.1%＋200pA＋1pA×Vout)	100V
±10μA	1nA	±(0.07%＋4nA＋10pA×Vout)	10pA	±(0.05%＋2nA＋10pA×Vout)	100V
±100μA	10nA	±(0.07%＋40nA＋100pA×Vout)	100pA	±(0.05%＋20nA＋100pA×Vout)	100V
±1mA	100nA	±(0.06%＋400nA＋1nA×Vout)	1nA	±(0.04%＋200nA＋1nA×Vout)	100V
±10mA	1μA	±(0.06%＋4μA＋10nA×Vout)	10nA	±(0.04%＋2μA＋10nA×Vout)	100V
±100mA	10μA	±(0.12%＋40μA＋100nA×Vout)	100nA	±(0.1%＋20μA＋100nA×Vout)	*3

*1：確度はゼロ・オフセットを取った後の値を示す。
*2：オフセット電流は温度、湿度範囲により以下のようになる。

温度	湿度 %RH 5～60	60～80
5℃～18℃	×2	×2
18℃～28℃	×1	×2
28℃～40℃	×2	×5

*3：100V(Iout≦20mA),40V(20mA＜Iout≦50mA),20V(50mA＜Iout≦100mA)

確度：(設定値あるいは指示値の%)±(オフセット値)
Vout：出力電圧、Iout：出力電流

接続端子

デュアル・トライアキシャル・コネクタ、ケルビン(リモート・センシング)

電流/電圧コンプライアンス(リミッタ)

被測定物の破壊を防止するため､SMU は出力電圧と出力電流を自動的に制限する。
電圧：0V～±100V
電流： ±100fA～±100mA
コンプライアンス確度：
　電流/電圧の設定確度と同じ

HRSMU 参考データ

許容ケーブル抵抗値:10Ω(ケルビン接続時のフォース/センス)
残留抵抗：0.2Ω(非ケルビン接続時のフォース)
電圧測定入力インピーダンス：
　$\geqq 10^{15}\Omega$
電流印加出力インピーダンス：
　$\geqq 10^{15}\Omega$ (10 pA レンジ)
電流コンプライアンス設定確度(反対極性の時)：
　10 pA ～ 10 nA レンジ：
　　V/I 設定確度±レンジ値の 12 %
　100 nA ～ 100 mA レンジ：
　　V/I 設定確度±レンジ値の 2.5 %

Agilent 4155C 半導体パラメータ・アナライザ

MPSMU(ミディアム・パワーSMU)

MPSMU は Agilent 4155C および Agilent 41501B に搭載される。

電圧出力/測定レンジ、分解能および確度

電圧レンジ	設定分解能	設定確度	測定分解能	測定確度	最大電流
±2V	100μV	±(0.03%+900μV+0.3×Iout)	2μV	±(0.02%+700μV+0.3×Iout)	100mA
±20V	1mV	±(0.03%+4mV+0.3×Iout)	20μV	±(0.02%+2mV+0.3×Iout)	100mA
±40V	2mV	±(0.03%+7mV+0.3×Iout)	40μV	±(0.02%+3mV+0.3×Iout)	*1
±100V	5mV	±(0.04%+15mV+0.3×Iout)	100μV	±(0.03%+5mV+0.3×Iout)	*2

*1：100mA(Vout≦20V), 50mA(20V＜Vout≦40V)
*2：100mA(Vout≦20V), 50mA(20V＜Vout≦40V), 20mA(40V＜Vout≦100V)

電流出力/測定レンジ、分解能および確度

電流レンジ	設定分解能	設定確度	測定分解能	測定確度	最大電圧
±1nA	100fA	±(0.5%+3pA+2fA×Vout)	10fA	±(0.5%+3pA+2fA×Vout)	100V
±10nA	1pA	±(0.5%+7pA+20fA×Vout)	10fA	±(0.5%+5pA+20fA×Vout)	100V
±100nA	10pA	±0.12%+50pA+200fA×Vout)	100fA	±(0.1%+30pA+200fA×Vout)	100V
±1μA	100pA	±(0.12%+400pA+2pA×Vout)	1pA	±(0.1%+200pA+2pA×Vout)	100V
±10μA	1nA	±(0.12%+5nA+20pA×Vout)	10pA	±(0.1%+3nA+20pA×Vout)	100V
±100μA	10nA	±(0.12%+40nA+200pA×Vout)	100pA	±(0.1%+20nA+200pA×Vout)	100V
±1mA	100nA	±(0.12%+500nA+2nA×Vout)	1nA	±(0.1%+300nA+2nA×Vout)	100V
±10mA	1μA	±(0.12%+4μA+20nA×Vout)	10nA	±(0.1%+2μA+20nA×Vout)	100V
±100mA	10μA	±(0.12%+50μA+200nA×Vout)	100nA	±(0.1%+30μA+200nA×Vout)	*1

*1：100V(Iout≦20mA), 40V(20mA＜Iout≦50mA), 20V(50mA＜Iout≦100mA)
Vout：出力電圧、Iout：出力電流
確度：±(設定値あるいは指示値の%)±(オフセット)

接続端子

トライアキシャル・コネクタ、非ケルビン(リモート・センシングなし)

電圧/電流コンプライアンス(リミッタ)

電圧：0V～±100V
電流：±1pA～±100mA
コンプライアンス確度：
　電流/電圧の設定確度と同じ

参考データ

最大残留抵抗：0.3Ω
電圧測定入力インピーダンス：
　≧10^{13}Ω
電流印加出力インピーダンス：
　≧10^{13}Ω(1nA レンジ)
電流コンプライアンス設定確度(反対極性の時)：
　1 nA ～ 10 nA レンジ：
　　V/I 設定確度±レンジ値の 12 %
　100 nA ～ 100 mA レンジ：
　　V/I 設定確度±レンジ値の 2.5 %

Agilent 4155C、4156C 共通 VSU、VMU

VSU(電圧源ユニット)

VSU は Agilent 4155C および Agilent 4156C に搭載される。

出力レンジ、分解能および確度

電圧レンジ	設定分解能	設定確度
±20V	1mV	±(0.05%+10mV)*1

*1：無負荷の時
測定確度：±(指示値の%)±(オフセット値)
最大出力電流：100mA

VSU 参考データ

出力インピーダンス：0.2Ω
許容容量負荷：10μF
最大スルー・レート：0.2V/μs
電流リミット：120mA
出力ノイズ：1mVrms

VMU(電圧測定ユニット)

VMU は Agilent 4155C および Agilent 4156C に搭載される。

接地測定モード

測定レンジ、分解能および確度

電圧レンジ	設定分解能	測定確度
±2V	2μV	±(0.02%+200μV)
±20V	20μV	±(0.02%+1mV)

測定確度：±(指示値の%)±(オフセット値)

差動測定モード

測定レンジ、分解能および確度

差動電圧レンジ	設定分解能	測定確度
±0.2V	0.2μV	±(0.03%+10μV+0.3μV×Vi)
±2V	2μV	±(0.02%+100μV+3μV×Vi)

Vi：VMU2 の入力電圧(V)、
測定確度:±(指示値の%)±(オフセット値)±(コモン・モード・エラー)

参考データ

入力インピーダンス：≧1GΩ
漏れ電流：≦500pA(0V 印加時)
測定ノイズ
　片線接地測定：
　　レンジ値(p-p)の 0.01%(積分時間 10PLC)
　差動電圧測定：
　　レンジ値(p-p)の 0.005%(積分時間ショート)

Agilent 41501B SMU/パルス・ジェネレータ・エクスパンダ

HPSMU(ハイ・パワーSMU)

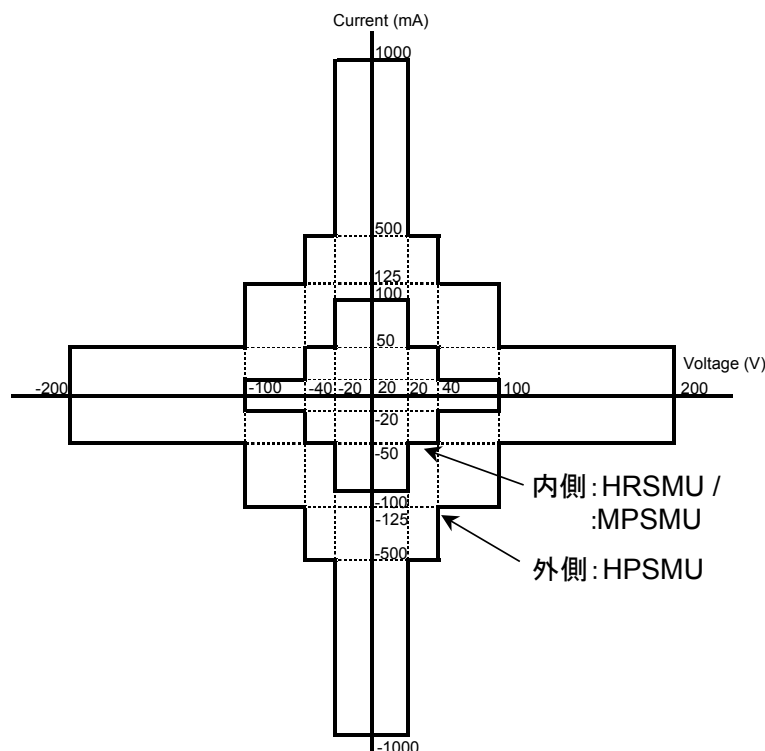
電圧出力/測定レンジ、分解能および確度

電圧レンジ	設定分解能	設定確度	測定分解能	測定確度	最大電流
±2V	100μV	±(0.03%+900μV)	2μV	±(0.02%+700μV)	1A
±20V	1mV	±(0.03%+4mV)	20μV	±(0.02%+2mV)	1A
±40V	2mV	±(0.03%+7mV)	40μV	±(0.02%+3mV)	500mA
±100V	5mV	±(0.04%+15mV)	100μV	±(0.03%+5mV)	125mA
±200V	10mV	±(0.045%+30mV)	200μV	±(0.035%+10mV)	50mA

電流出力/測定レンジ、分解能および確度

電流レンジ	設定分解能	設定確度	測定分解能	測定確度	最大電圧
±1nA	100fA	±(0.5%+3pA+2fA×Vout)	10fA	±(0.5%+0.3pA+2pA×Vout)	200V
±10nA	1pA	±(0.5%+7pA+20fA×Vout)	10fA	±(0.5%+5pA+20fA×Vout)	200V
±100nA	10pA	±0.12%+50pA+200fA×Vout)	100fA	±(0.1%+30pA+200fA×Vout)	200V
±1μA	100pA	±(0.12%+400pA+2pA×Vout)	1pA	±(0.1%+200pA+2pA×Vout)	200V
±10μA	1nA	±(0.12%+5nA+20pA×Vout)	10pA	±(0.1%+3nA+20pA×Vout)	200V
±100μA	10nA	±(0.12%+40nA+200pA×Vout)	100pA	±(0.1%+20nA+200pA×Vout)	200V
±1mA	100nA	±(0.12%+500nA+2nA×Vout)	1nA	±(0.1%+300nA+2nA×Vout)	200V
±10mA	1μA	±(0.12%+4μA+20nA×Vout)	10nA	±(0.1%+2μA+20nA×Vout)	200V
±100mA	10μA	±(0.12%+50μA+200nA×Vout)	100nA	±(0.1%+30μA+200nA×Vout)	*1
±1A	100μA	±(0.5%+500μA+2μA×Vout)	1μA	±(0.5%+300μA+2μA×Vout)	*2

*1：200V(Iout≦50mA), 100V(50mA＜Iout≦100mA)
*2:200V(Iout≦50mA),100V(50mA＜Iout≦125mA),40V(125mA＜Iout≦500mA),20V(500mA＜Iout≦1A)

確度：(設定値あるいは指示値の%)±(オフセット値)
Vout：出力電圧、Iout：出力電流

接続端子：
デュアル・トライアキシャル・コネクタ、ケルビン(リモート・センシング)

電流/電圧コンプライアンス(リミッタ)
電圧：0V～±200V
電流：±1pA～±1A
コンプライアンス設定確度：電流/電圧の設定確度と同じ

HPSMU参考データ
許容ケーブル抵抗(ケルビン接続時)
フォース側：
最大0.7Ω(100mA～1A)
最大10Ω(≦100mA)
センス側：最大10Ω
残留抵抗:0.2Ω(フォース線､非ケルビン接続時)
電圧測定入力インピーダンス：
$\geqq 10^{13}\Omega$
電流印加出力インピーダンス：
$\geqq 10^{13}\Omega$(1nA レンジ)
電流コンプライアンス設定確度(反対極性の時)：
1 nA ～ 10 nA レンジ：
V/I設定確度±レンジ値の12 %
100 nA ～ 100 mA レンジ：
V/I設定確度±レンジ値の2.5 %

HRSMU,MPSMU,HPSMU参考データ
許容負荷容量：1000pF
許容ガード容量：900pF
許容シールド容量：5000pF
最大ガード・オフセット電圧：±1mV
ノイズ特性(フィルタON時の代表値)
電圧源：電圧レンジの0.01%(rms)
電流源：電流レンジの0.1%(rms)
電圧計：電圧レンジの0.02%(p-p)
電流計：電流レンジの0.2%(p-p)
出力オーバーシュート(フィルタ ON時)
電圧源：電圧レンジの0.03%
電流源：電流レンジの1%
レンジ切り換えノイズ(フィルタ ON時)
電圧レンジ切り換え：250mV
電流レンジ切り換え：10mV
最大スルー・レート：0.2V/μs

PGU(パルスジェネレータ)

PGU は Agilent 41501B に搭載される。

モード：パルスまたは dc 電圧出力
振幅：0Vp-p〜40Vp-p
ウィンドウ：-40V〜+40V
最大電流：
±100mA
±200mA(パルス幅≦1ms、平均電流≦100mA)
出力インピーダンス：50Ωまたは低インピーダンス(≦1Ω)
パルス数：1〜65535
(バースト・モード時)
トリガ出力：
トリガ・レベル：TTL レベル
トリガ・タイミング：PGU1 のパルス出力のタイミングとパルス幅に同じ
タイミング・パラメータ設定確度
以下の確度はパルスの立ち上がりと立ち下がり時間が等しい場合に適応される
パルス周期：±(2 % + 2 ns)
パルス幅：±(3 % + 2 ns)
遅延時間：±(2 % + 40 ns)
パラメータ設定上の制限事項
パルス幅＜パルス周期
遅延時間＜パルス周期
立ち上がり時間＜パルス幅×0.8
立ち下がり時間＜(パルス周期－パルス幅)×0.8

PGU 参考データ

オーバーシュート(アンダーシュート、リンギング)：
≦パルス振幅±10mV の 5%
(出力インピーダンス 50Ω、50Ω負荷接続時)
パルス幅ジッタ：0.2% + 100 ps
ハルス周期ジッタ：0.2% + 100 ps
スルー・レート：最大 100 V/μs
(出力インピーダンス 50Ω、50Ω負荷接続時)
ノイズ：レンジの 0.2%
(dc 電圧出力時)

MPSMU

4155C MPSMU に同じ

グランド･ユニット(GNDU)

GNDU は Agilent 41501B に搭載される

出力電圧：0V ±100μV
最大シンク電流：1.6A
接続端子:
トライアキシャル・コネクタ、ケルビン(リモート・センシング)

GNDU 参考データ

許容容量負荷：≦1μF
許容ケーブル抵抗
フォース側：≦1Ω
センス側：≦10Ω

パルス / dc 出力電圧、確度

設定パラメータ	電圧レンジ	分解能	確度 [*1]
ベース値 [*2]	20 V 40 V	4 mV 8 mV	± (ベース値の 1 % + 50 mV + パルス値の 1 %)
パルス値	20 V 40 V	4 mV 8 mV	± (ベース値の 3 % + 50 mV)

*1：確度は、立ち上がり時間＝立ち下がり時間＝ 1 μs の時に適用される。
*2：dc 出力電圧の設定は、ベース値で行う。

タイミング・パラメータ

範囲 [*1]	パルス周期	パルス幅	遅延時間	設定分解能
1	2 μs〜100 μs	1 μs〜99.9 μs	0〜100 μs	0.1 μs
2	100 μs〜1000 μs	1 μs〜999 μs	0〜1000 μs	1 μs
3	1 ms〜10 ms	0.01 ms〜9.99 ms	0〜10 ms	10 μs
4	10 ms〜100 ms	0.1 ms〜99.9 ms	0〜100 ms	100 μs
5	100 ms〜1000 ms	1 ms〜999 ms	0〜1000 ms	1 ms
6	1 s〜10 s	0.01 s〜9.99 s	0〜10 s	10 ms

*1：PGU1 と PGU2 のパルス周期、パルス幅、遅延時間は 1、2、3、4、5 または 6 に示される範囲の値に設定されること。

立ち上がり時間と立ち下がり時間

範囲 [*1]	設定有効範囲	設定分解能	確度
1	100 ns〜1000 ns	1 ns	± (5 % + 10 ns)
2	0.5 μs〜10.0 μs	10 ns	± (5 % + 10 ns)
3	5.0 μs〜100.0 μs	100 ns	± (5 % + 10 ns)
4	50 μs〜1000 μs	1 μs	± (5 % + 10 ns)
5	0.5 ms〜10.0 ms	10 μs	± (5 % + 10 ns)

*1：個々の PGU の立ち上がり時間と立ち下がり時間は 1、2、3、4 または 5 に示される範囲に設定されること。

機能

測定設定

- フロントパネル・キーおよび外部キーボードによる対話式フィル・イン・ザ・ブランク方式
- ディスケットからの設定の読み込み
- Instrument BASIC または GPIB インターフェースからのプログラムの実行
- ライブラリ: 測定の初期設定ソフトキー (Vce-Ic, Vds-Id, Vgs-Id, Vf-If)
- ユーザの定義による測定設定ライブラリ
- 電源投入時の設定および測定ファイル自動読み込み機能
- ヘルプ機能

測定機能

電圧/電流掃引測定

SMU および VSU を、一次掃引源(VAR1)、二次掃引源(VAR2)、同期掃引源(VAR1')または定電圧/電流源(CONST)に設定可能。

一次掃引源 VAR1

dc またはパルスの階段波電圧または電流(SMU のみ)の掃引を行う。

最大ステップ数：1001

掃引タイプ：リニアまたはログ

掃引方向：

片方向掃引または両方向掃引

ホールド時間：VAR2 が設定されてからの待ち時間。

最大 655.35s、10ms 分解能

ディレイ時間：VAR1 の各ステップを出力してから測定を開始するまでの待ち時間。

最大 65.535s、100 μs 分解能

二次掃引源 VAR2

リニア階段波またはリニア・パルス階段波掃引を行う。一次掃引の 1 周期ごとに 1 ステップ進む掃引を行う。

最大ステップ数：128

同期掃引源 VAR1'

一次掃引に同期して、指定された一定比率あるいはオフセット値で階段波またはパルス掃引を行う。

VAR1'＝a×VAR1＋b

ここで"a"はユーザ指定の比率、"b"はユーザ指定のオフセット

定電圧/電流源 CONST

定電圧または定電流(SMU のみ)の出力を行う。

パルス PULSE

パルス電圧/電流の出力を行う。SMU に有効。パルス出力を同時に行う SMU は 1 チャンネルに限定される。

パルス幅：0.5ms～100ms、100μs 分解能

パルス周期：5ms～1s(≧パルス幅＋4ms)、100μs 分解能

SMU パルス設定確度(参考データ)

条件：固定レンジ、1 チャンネル測定

パルス幅：0.5%＋50μs

パルス周期：0.5%＋100μs

トリガ出力のディレイ時間：

レンジ：0～32.7ms(パルス幅)

分解能：100μs (＜パルス幅)

サンプリング(時間軸)測定

時間に対する電圧および電流測定。

電源ユニットは SMU、VSU または PGU。

サンプリング数：最大 10,001 点(リニア)

サンプリング・モード：

リニア、ログ、Thinned-out(間引き)

サンプリング間隔：

リニア(サンプリング時間：オート)：

60μs～480μs 間隔：20μs 分解能

480μs～1s 間隔：80μs 分解能

1s～65.535s 間隔：2ms 分解能

リニア(サンプリング時間：ノー・リミット)、ログ、Thinned-out：

560μs(Thinned-out 時は 720μs)～1s 間隔：80μs 分解能

1s～65.535s 間隔：2ms 分解能

ホールド時間：0.03～655.35s、100μs 分解能

サンプリング測定終了条件：サンプリング測定を終了させる条件が設定できる。

サンプリング間隔設定確度(参考データ)：

0.5%＋10μs

(サンプリング間隔≦480μs)

0.5%＋10μs

(560μs≦サンプリング間隔<2ms)

0.5%＋100μs

(2ms≦サンプリング間隔)

Thinned-out は、ログの逆に類似したサンプリング・モード。サンプリング終了条件が満たされるまで、古いデータを間引きしながら測定を続ける。

初期サンプリング間隔を 2 ms 未満に設定した場合の条件：

測定チャンネル数：1 チャンネル

測定レンジ：固定レンジ

サンプリング測定終了条件：設定不可

C-V 測定

SMU を使用し、ステップ電圧 ΔV(QSCV 測定電圧)を印加したときの、測定電流値と積分時間から、注入された電荷量 ΔQ[C]を求め、被測定物の静電容量 C[F]を C=ΔQ/ΔV から計算する。

測定範囲：

電流レンジ、積分時間、ステップ電圧により規定される。

- 電流レンジ：10 pA、100 pA(以上 4156C のみ)、1 nA、10 nA
- 電圧レンジ：2V、20V、40V、100V、200V

容量算出確度：

電流測定、ステップ電圧設定、積分時間の確度および測定系の寄生容量、漏れ電流やその他の要因による。(参考データ参照)。

ゼロ・オフセット：

テストリードおよびテスト・フィクスチャなどに存在する浮遊容量を除去できる。

漏れ電流補正：

被測定物に存在する漏れ電流補正できる。

C-V 測定確度計算(参考データ)

C-V 測定確度は、電流レンジ、電圧レンジ、容量測定積分時間、漏れ電流測定積分時間、測定ケーブル等のガード容量および QSCV 測定電圧により計算される。以下の条件における計算例を示す。

電圧レンジ：20 V

QSCV 測定電圧：100 mV

ガード容量：100 pF (1 m ケーブル使用時)

被測定物の等価並列抵抗：10^{15}Ω

容量測定積分時間と漏れ電流測定積分時間が等しいこと。

C-V 測定確度計算例：HRSMU 使用時

電流レンジ	積分時間	測定範囲	測定分解能	確度
10pA/100pA	0.5sec	100fF/1pF	5fF	± (4.2 % +70 fF)
	1sec	2pF/20pF	10fF	± (4.3 % +90 fF)
	2sec	76pF/760pF	20fF	± (4.3 % +130 fF)
1nA	0.1sec	700pF	10fF	± (0.84 % +160 fF)
	0.5sec	4.5nF	40fF	± (0.85 % +280 fF)
	2sec	18nF	200fF	± (0.93 % +740 fF)
10nA	0.1sec	7nF	10fF	± (0.84 % +200 fF)
	0.5sec	45nF	40fF	± (0.85 % +440 fF)
	2sec	180nF	200fF	± (0.93 % +1.4 pF)
	10sec	940nF	1pF	± (1.3 % +6.2 pF)

C-V 測定確度計算例：MPSMU 使用時

電流レンジ	積分時間	測定範囲	分解能	確度
1nA	0.1sec	700pF	10fF	± (0.91 % + 170 fF)
	0.5sec	4.5nF	40fF	± (0.94 % + 340 fF)
	2sec	18nF	200fF	± (1.0 % + 1 pF)
10nA	0.1sec	7nF	10fF	± (0.91 % + 180 fF)
	0.5sec	45nF	40fF	± (0.94 % + 480 fF)
	2sec	180nF	200fF	± (1.0 % + 1.6 pF)
	10sec	940nF	1pF	± (1.6 % + 7.6 pF)

確度：±(測定値の %) ±(オフセット値)
測定範囲：測定可能な最大値。以下の条件を満たすこと。

- 漏れ電流が無いこと。存在する場合は測定範囲が狭まる場合が有る。
- 電流コンプライアンス値が電流レンジを越えないこと。
- 被測定物の容量に測定系の寄生容量を加えた値が、測定範囲に示される値を超えないこと。

ストレス印加

SMU、VSU または PGU を用いて指定時間のストレス印加が可能。
ストレス時間：
500 μs～31,536,000 s(365 日)
分解能：
100 μs (500 μs≦ストレス時間≦10s)
10 ms (10 s＜ストレス時間＜31,536,000 s)
バースト時のパルス数：
1～65,535(PGU のみ)
トリガ：ストレス出力チャンネルのストレス印加に同期するゲート・トリガを出力。

ノブ掃引

フロントパネルのノブを操作することで、測定範囲を制御しながら掃引測定を行う。

スタンバイ・モード

測定前および測定後、測定ユニットは出力を停止するが、スタンバイ・モードに設定された測定ユニットは、指定された電圧/電流値を出力し続ける。

その他の機能

測定実行制御：
シングル測定、重ね書き測定、繰り返し測定、測定停止
ストレス印加制御：
ストレス印加、出力停止
SMU 設定：
リミテッド・オート・レンジ、電圧/電流コンプライアンス、パワー・コンプライアンス、自動掃引終了機能、セルフ・テスト、自動校正

計算および解析機能

計算機能

ユーザ関数
測定値、演算子、マーカ、カーソル、ライン等の解析データを用いて最大 6 つまでユーザ関数(計算式)の設定が可能。測定しながら演算結果を画面に表示できる。
演算子
+, −, *, /, ∧, LGT(常用対数), LOG(自然対数), EXP(指数関数), DELTA(差分), DIFF(微分), INTEG(積分), MAVG(移動平均), SQRT(平方根), ABS(絶対値), MAX, MIN, AVG(平均), COND(場合分け)
物理定数
以下の物理定数をキーに登録。定数を入力する代わりに、q、k、e を使用可能。
q:電子の電荷量。1.602177 E-19 C
k:ボルツマン定数。1.380658 E-23
e:真空の誘電率。8.854188 E-12
数値定数
以下の数値定数をキーに登録。定数を入力する代わりに以下のシンボルを使用可能。m(10^{-3})、μ(10^{-6})、u(10^{-6})、n(10^{-9})、p(10^{-12})、f(10^{-15})、k(10^{3})、M(10^{6})、G(10^{9})。

解析機能：

重ね表示比較
測定データをあらかじめ内部メモリに保存しておき、他の測定データとグラフ上で重ね合わせて表示して比較できる。内部メモリは４つまでの測定データを格納できる。そのうち１つを現在表示されている画面に重ねて表示できる。
グラフィック解析機能
マーカ、カーソル、ライン、スケーリング
リード・アウト関数
マーカ、カーソル、ラインの位置、傾き等の値を読む。
自動解析機能
測定が終了すると、あらかじめ指定した自動解析設定条件に従って、測定結果表示画面にマーカやラインを自動的に表示する。自動解析機能の設定に、リード・アウト機能、ユーザ関数を使用できる。
ユーザ変数
GPIB 経由、または Instrument BASIC から 4155C/4156C に送ったデータを測定結果表示画面に表示できる。

出力

表示機能

グラフ表示
Y 軸は２つまで設定可能(X-Y1,Y2)。電源電流、電源電圧、測定電圧、測定電流、時間、ユーザ関数などを表示できる。
リスト表示
VAR1 または時間軸測定のサンプリング・ステップに対して、測定値またはユーザ関数による計算値をリスト表示する。8 つまでのデータが表示できる。
表示
8.4 インチ・カラーTFT LCD。640(H)×480(V)ドット。LCD パネルには 99.99%以上の有効画素が有る。

ハードコピー機能

グラフィクス・ハードコピー
測定データなどの画面上の表示をパラレル、GPIB またはネットワーク・インターフェースを介してサポートされるプリンタ、プロッタに出力できる。PCL または HP-GL フォーマットを選択できる。
テキスト・ハードコピー
設定情報、測定データのリストをパラレル、GPIB またはネットワーク・インターフェースを介してサポートされるプリンタ、プロッタに出力できる。PCL または HP-GL フォーマットを選択できる。
ハードコピー・ファイル
ハードコピー出力情報を､プリンタ/プロッタに出力するかわりに、ディスケットあるいはネットワーク・ファイル・システムに PCL、HP-GL または TIF フォーマットで保存できる。
ネットワークを介したハードコピー
lpr クライアント機能をサポート。

データ保存

内蔵マスストレージ・デバイス

記憶装置
3.5 インチ・フレキシブル・ディスク・ドライブ
フォーマット・タイプ
HP LIF、DOS(2HD, 2DD)
ユーザ・エリア
1.44 MB (2HD)または 720kB (2DD)
ファイル・タイプ
オート・スタート・プログラム、初期設定、測定設定、測定設定/結果、ストレス設定、カスタマイズ設定、ハードコピー・データ、Instrument BASIC プログラム/データ。
プログラム・ファイル
Instrument BASIC プログラムで作られたデータと HP BASIC プログラムで作られたデータとは互換がある。

ネットワーク・マスストレージ・デバイス

記憶装置
NFS マウント可能な記憶装置。
ファイル・タイプ
オート・スタート・プログラム、初期設定、測定設定、測定設定/結果、ストレス設定、カスタマイズ設定、ハードコピー・データ。
ファイル数
ワーキング・ディレクトリ内において最大 199 ファイルまで（ディレクトリを含む)。

ASCII Text 形式出力

リスト表示された結果を ASCII Text データとして出力できる。スペース、コンマ、TAB、″″、''を分離記号とし指定できる。
LAN 機能
10Base-T LAN インターフェースを装備。NFS クライアント機能をサポート。

繰り返し/自動測定

測定器制御

内部機能制御
外部あるいは内部コントローラから GPIB インターフェースを介して 4155C/4156C の機能を制御できる。
内蔵コマンド・セット
SCPI コマンド・セット
4155C/4156C FLEX コマンド・セット (4142B モードを含む)
4145B シンタックス・コマンド・セット
プログラムメモリ機能
4155C/4156C FLEX コマンド・セットを使用し、プログラム・コードを内蔵メモリに保存可能。
最大保存プログラム数：255
外部機器制御
GPIB インターフェースを介して外部機器を制御できる。

Instrument BASIC

Instrument BASIC(HP BASIC のサブセット)を内蔵。
機能
算術機能、バイナリ・オペレーション、文字列処理、論理演算、配列処理、プログラム・フロー制御、条件付き分岐､プログラム編集/デバッグ､マスストレージ操作、測定器制御、リアルタイム・クロック、ソフトキー・オペレーション、グラフィクス。
4145B タイピング・エイド
Agilent 4145B の ASP と類似のシンタクス・ソフトキーを Instrument BASIC プログラム編集画面で使用できる。4145B の ASP ファイルを読み込むことはできない。

トリガ

レベル：
TTL レベル、立ち上がりまたは立ち下がりエッジ・トリガ
入力
外部からのトリガ入力により､掃引/サンプリング測定または Instrument BASIC プログラムの実行を開始する。
出力
以下の条件により、トリガを出力する。
掃引の各ステップ、SMU のパルス出力の立ち上がり、ストレスの出力期間、Instrument BASIC のトリガ出緑クコマンド実行時。

Agilent 4145B との互換性

設定およびデータ・ファイル
4145B 設定/測定データを読み込むことができる。

GPIB プログラム
4145B シンタックス･コマンド･セットを選択することで、4145B 用の測定制御プログラムを用いて 4155C/4156C を制御できる。プログラムの修正を必要とする場合もある。

サンプル・プログラム

サンプル・アプリケーション・プログラム

ホット・キャリア注入、Flash EEPROM テスト、V-Ramp テスト、J-Ramp テスト、TDDB、コンスタントＩ(エレクトロ・マイグレーション)、チャージ・ポンピング

サンプル VEE プログラム

Agilent 4155C, 4156C, Agilent E5250A 及びプローバを使用した Vth 測定

VXI*plug&play* drivers

Agilent 4155C/4156C および Agilent E5250A 用

一般仕様

動作温度範囲：10℃～40℃
保存温度範囲：-22℃～60℃
動作湿度範囲:20%～80%RH(湿球温度＜29℃において。ただし結露しないこと)
保存湿度範囲：5%～90%RH(湿度球温度＜39℃において。ただし結露しないこと)
動作高度範囲：0～2,000m
保存高度範囲：0～4,600m
電源：90～264V、47～63Hz、
最大 450VA(Agilent 4155C,4156C)、350VA(Agilent 41501B)

法規制適合性：
EMC：EN 61326-1:+A1, AS/NZS 2064.1
安全性：
CSA C22.2 NO.1010.1-1992
IEC 61010-1:+A2/EN 61010-1:+A2
UL3111-1:1994
認証：CE, CSA, NRTL/C, C-Tick

外形寸法
Agilent 4155C, 4156C：
235(H)×426(W)×600(D)mm
Agilent 41501B：
190(H)×426(W)×600(D)mm

質量
4155C, 4156C：約 21kg
41501B：約 16kg(HSMU/2PGU 追加時)

インターフェース
GPIB インターフェース
パラレル・インターフェース
10BASE-T LAN インターフェース
PC 互換 101 キーボード用ミニ DIN コネクタ
Interlock および LED コネクタ
R-ボックス・コントロール・コネクタ
トリガ入力/出力コネクタ
SMU/PGU セレクタ・コントロール・コネクタ(41501B)

付属アクセサリ
3m トライアキシャル・ケーブル, 4 本(4155C)
3m ケルビン・トライアキシャル・ケーブル, 4 本(4156C)
BNC ケーブル(3m), 4 本
インターロック・ケーブル(3m), 1 本
キーボード, 1 個
取扱説明書, 1 セット
サンプル・アプリケーション・プログラム・ディスク,1 枚
サンプル・VEE プログラム・ディスク、1 枚
Agilent 4155C/4156 、E5250A 用 VXI*plug&play* drivers ディスク 2 枚
Agilent I/CV 2.1 Lite オートメーション・ソフトウェア、1 セット
Agilent 82357A USB/GPIB インターフェース (Agilent I/O ライブラ附属)、1 セット
PC ベース計測コントローラ、1 セット

アクセサリ(別売)

仕様の規定条件

23℃±5℃、50%RH の条件下で規定する。
参考データは仕様として保証しておりませんので、あらかじめご承知ください。

Agilent 16440A SMU/パルス・ジェネレータ・セレクタ

SMU 出力とパルス・ジェネレータ・ユニット(PGU)出力を切り換えるセレクタ。2 チャンネルのうち、チャンネル 1(CH1)は半導体リレーによって PGU ポートを開放状態にすることができる。2 台用いることにより最大 4 チャンネルまで切り換え可能。Agilent 16440A のコントロールには Agilent 41501A/B SMU/パルス・ジェネレータ・エクスパンダの PGU が必要。
チャンネル数:2(CH1, CH2)
CH1 入力ポート:2(SMU, PGU)
　PGU ポートには半導体リレーが直列挿入されている
　出力ポート:1
CH2 入力ポート:2(SMU, PGU)
　出力ポート:1

電圧/電流レンジ

入力ポート	最大電圧	最大電流
SMU	200V	1.0A
PGU	40V	0.2A(AC ピーク)

参考データ(25℃±5℃, 50%RH での値)
SMU ポート・リーク電流:<100fA(100V 印加時)
SMU ポート残留抵抗:0.2Ω(代表値)
SMU ポート浮遊容量:(1MHz における代表値)
　フォース⇔コモン:0.3pF
　フォース⇔ガード:15pF
　ガード⇔コモン:130pF
PGU ポート残留抵抗:3.4Ω
PGU ポート・オフ時容量:5pF(代表値)
PGU ポート開放時容量:700pF(代表値 1MHz, Vin-Vout=0V 時)

PGU ポート信号伝達特性
オーバーシュート:<パルス振幅の 5%(過渡時間 20ns, パルス・ジェネレータ・ソース・インピーダンス 50Ω、50pF、1MΩ並列負荷時)

一般仕様
外形寸法:
　50(高さ)×250(幅)×275(奥行き)mm
質量:約 1.1kg

Agilent 16441A R ボックス

SMU 出力と試料の間に直列に挿入する抵抗で Agilent 4155C/4156C から、抵抗値の選択および抵抗による電圧降下の自動補正を行える。
Agilent 4155C/4156C と Agilent 16441A を組み合わせて測定を行う場合に以下の制限がある。
- 1MΩより絶対値の大きい負性抵抗領域を含む特性を測定しようとする場合に、測定できない場合がある。
- Agilent 4155C/4156C と Agilent 16441A を組み合わせた場合でも、試料および測定環境によっては DUT 等が発振を起こし、測定できないことがある。

チャンネル数 2
抵抗値:1MΩ, 100kΩ, 10kΩ, 0Ω(各チャンネル)
抵抗確度:0.3%(入力端子、出力端子間、23℃±5℃での代表値)
最大電圧:200V
最大電流:1A(0Ω選択時)
ケルビン接続:0Ω選択時のみ有効

参考データ(23℃±5℃, 50%RH での代表値)
リーク電流:<100fA(100V 印加の時)

一般仕様
外形寸法:
　72(高さ)×250(幅)×270(奥行き)mm
質量:約 1.6kg

Agilent 16442A テスト・フィクスチャ

入力チャンネル数
SMU :6(非ケルビン接続時)、
　3(ケルビン接続時)
VSU :2(BNC コネクタ)
VMU :2(BNC コネクタ)
PGU :2(BNC コネクタ)
GNDU:1(ケルビン対応)
インターロック:6 ピン・コネクタ

参考データ(23℃±5℃, 50%RH での代表値)
SMU チャンネル:
　リーク電流(フォース/センス対コモン):最大 10pA(200V 印加時)

　浮遊容量(フォース/センス対コモン):最大 15pF
　(フォース/センス対 SMU):3pF
　残留抵抗(フォース側、センス側):60mΩ(代表値)
　ガード容量(フォース/センス対ガード):最大 70pF
VSU/VMU チャンネル残留抵抗:60mΩ(代表値)
PGU チャンネル特性インピーダンス:50Ω(代表値)
GNDU チャンネル残留抵抗(フォース側、センス側):40mΩ(代表値)

一般仕様
動作温度範囲:5℃~40℃
保存温度範囲:-40℃~70℃
動作湿度範囲:5%~80%RH(ただし結露しないこと)
保存湿度範囲:5%~90%RH(65℃において。ただし結露しないこと)
外形寸法:140(高さ)×260(幅)×260(奥行き)mm
質量:約 2.5kg

I/CV 2.1 Lite

概要
Agilent E5241B I/CV 2.1 Lite オートメーション・ソフトウェアは、効率的な半導体パラメータ解析ソリューションを提供します。I/CV Lite は Agilent 4155C、4156C 半導体パラメータ・アナライザをはじめ、Agilent E5270A や容量測定器、自動化に必要な低リーク・スイッチやウェハ・プローバをサポートします。Microsoft® Windows®環境において、対話的な測定条件の設定、測定の実行とデータ解析、プローバと連動した自動測定およびデータ収集、さらにはテスト後のデータ統計解析までを、ウィザード形式のユーザ・インターフェースにより簡単に実行できます。

構成情報
I/CV Lite は標準で 4155C と 4156C に含まれます。PC ベースのコントローラは、I/CV Lite がインストールされた状態で Agilent 82357A USB/GPIB インターフェースと共に出荷されます。お手持ちの PC と GPIB インターフェースをご使用の場合には、コントローラと USB/GPIB インターフェースはオプションにより標準構成から削除可能です。ただし I/CV 2.1 Lite は 4155C と 4156C に常に含まれます。
I/CV 2.1 でのみサポートされる機能が必要な場合には、Agilent E5240BU アップグレード・キットをご購入ください。I/CV 2.1 Lite との機能の違いについては、Technical Overview 5988-8474JAJP をご覧下さい。

ソフトウェア機能

対話的なマニュアル測定
I/CV と I/CV Lite は、パラメータ測定ツールとして実績のある Agilent ICS を標準で含んでいます。ICS はパラメータ・アナライザの設定、マトリクス・スイッチのコントロール、測定の実行、グラフ上でのデータ解析など、半導体のパラメータ解析に必要な作業が Windows 環境でマウス操作により直感的に行えます。これらの設定をあらかじめストアしておけば、測定アルゴリズムとしてスクリプト・エディタの中で使用可能です。

スクリプト・エディタ
ウィザード形式のユーザ・インターフェースで、自動測定に使用するテスト・スクリプトを作成できます。I/CV の標準ライブラリを用いて、テスト・プランが作成可能です。
ライブラリには以下が含まれます。
- プロービング・プランに基づいたプローバの自動制御
- マトリクス・スイッチの制御
- 測定アルゴリズム実行
- 合否判定
- 条件付き分岐 IF / ELSE
- 繰り返し FOR / WHILE
- ユーザ変数作成
- ユーザ入力指示
- ユーザ・メッセージ表示
- スクリプトへのコメント文挿入

ウェハ・プローバの制御
I/CV と I/CV Lite は代表的なセミオート・プローバをサポートしています。ウェハ上でプローブするモジュールやデバイスの情報を、プロービング・プランとしてあらかじめ定義しておけば、自動テスト実行時に使用できます。解析のためのマニュアル測定では、プローバを対話式に制御することも可能です。

テスト実行
スクリプト・エディタで作成したテスト・スクリプトは、個別デバイスのテストやマニュアル・プローバ使用時にはマニュアル操作で、またセミオート・プローバ使用時には連続で自動測定が実行可能です。
テスト・ウィザードの指示に従えば、実行時に必要な情報の入力や、ウェハのプロービング・プラン選択、テスト・プラン選択、テストの開始が行えます。

データの自動解析とテスト・レポート作成
測定データからパラメータの自動抽出、ウェハ・テストのサマリ・レポートやグラフの作成可能です。次のグラフとレポートをサポートします。
- ウェハ・マップ
- ヒストグラム
- パラメータの統計計算
- 測定値のテーブル表示

測定ツールのサポート
テスト・アルゴリズムは次のソフトウェア・ツールを使って作成可能です。
- Agilent ICS (I/CV の標準ツール)
- Microsoft VBScript(スクリプト・エディタに含まれる)

コンピュータ条件

オペレーティング・システム
Microsoft Windows 2000 または XP Professional Service Pack 1 付き

CPU
Pentium II 300MHz クラス
(Pentium III 500MHz 以上推奨)

ハードディスク
5 GB の空き容量
(20 GB 以上推奨)

メモリ
128 MB Windows 2000 (256 MB 推奨)
256 MB Windows XP Professional

ディスク・ドライブ
CD-ROM

ソフトウェア・セキュリティ
パラレル又は USB ポートが必要
(セキュリティー・キー装着用)

制御用インターフェース
下記のサポートされている GPIB インターフェースが必要

GPIB インターフェース

Agilent

Model	Windows 2000	Windows XP Pro. (SP1)
82341C (ISA)	○	-
82357A * (USB/GPIB)	○	○

Agilent I/O Library L.02.01 が必要

National Instruments

Model	Windows 2000	Windows XP Pro. (SP1)
PCI-GPIB	○	○
GPIB-USB-A	○	○

サポートされるプローバ

Cascade Microtech
S300 Nucleus 2.1 又は 2.5 付き
Summit 12k シリーズ Nucleus 2.1 又は 2.5 付き

Electroglas
2001 / 408X

SUSS MicroTec
ProberBench NT v4.2 付きの全てのプローバ

Vector Semiconductor
AX-2000 / VX-3000 Version 3.2 以降

サポートされる測定器

- E5270 シリーズ パラメトリック測定ソリューション
- 4155A/B/C 半導体パラメータ・アナライザ
- 4156A/B/C プレシジョン半導体パラメータ・アナライザ
- 4284A プレシジョン LCR メータ
- 4294A インピーダンス・アナライザ *
- E5250A 低リークスイッチ・メインフレーム
- Keithley 707 スイッチ

* VBScript ライブラリが供給されます。

アジレント・テクノロジー株式会社
本社 〒192-8510 東京都八王子市高倉町9-1

TEL 0120-421-345
(0426-56-7832)
FAX 0120-421-678
(0426-56-7840)
E-mail:mac_support@agilent.com

電子計測ホームページ
http://www.agilent.co.jp/find/tm

- 記載事項は変更になる場合が有ります。ご発注の際はご確認ください。
- Microsoft および Windows は、Microsoft Corporation の米国における登録商標です。

April 8, 2003
5988-9238JAJP

認証番号： 81840